

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-173994  
(43)Date of publication of application : 02.07.1999

(51)Int.Cl. G01N 21/88  
G01B 11/06  
G01B 11/30

(21)Application number : 10-263624 (71)Applicant : HDI INSTRUMENTATION  
(22)Date of filing : 17.09.1998 (72)Inventor : BAAENZU GERARD H  
CRANE DAVID L

## (30)Priority

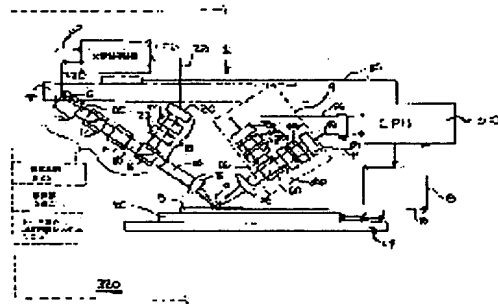
Priority number : 97 59498 Priority date : 22.09.1997 Priority country : US  
98 90434 04.06.1998  
US

## (54) OPTICAL MEASURING SYSTEM

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain an optical measuring system by which a substrate or the thickness or the optical characteristic of a thin-film layer on the substrate is evaluated.

**SOLUTION:** The optical measuring system 1 is provided with a light source 10 which generates a beam of light, a static polarizing element 12 which polarizes the beam of light emitted from the light source 10 and a measuring system 9 which measures light reflected from the position of a substrate 5. The measuring system 9 contains a static beam-splitter element 60 by which the light reflected from the substrate 5 is divided into s-polarized light and p-polarized light. In addition, the measuring system 9 contains two optical sensors by which the amplitude of the s-polarized light and that of the p-polarized light as well as the



intensity of the s-polarized light and that of the p-polarized light are measured separately. A control system 200 analyzes the measured amplitudes of s-polarized light and p-polarized light, and it judges a change in the topology of the substrate 5 or a change in the thickness or the optical characteristic of a thin-film layer.

---

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-173994

(43) 公開日 平成11年(1999) 7月2日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

G 0 1 N 21/88

G 0 1 N 21/88

H

G 0 1 B 11/06

G 0 1 B 11/06

Z

11/30

11/30

D

審査請求 未請求 請求項の数59 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平10-263624

(22) 出願日 平成10年(1998) 9月17日

(31) 優先権主張番号 60/059, 498

(32) 優先日 1997年9月22日

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(31) 優先権主張番号 09/090, 434

(32) 優先日 1998年6月4日

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 598127527

エイチデーアイ インストロメンテーション

アメリカ合衆国 95050 カリフォルニア  
州 サンタクララ、マーティンアヴェニュー  
318

(72) 発明者 パーエンズ ジェラード エイチ.

アメリカ合衆国 94303 カリフォルニア  
州 パロアルト、ウォルターハiestロ  
イブ 188

(72) 発明者 クレイン デヴィッド エル.

アメリカ合衆国 94301 カリフォルニア  
州 パロアルト、アルマストリート 1975

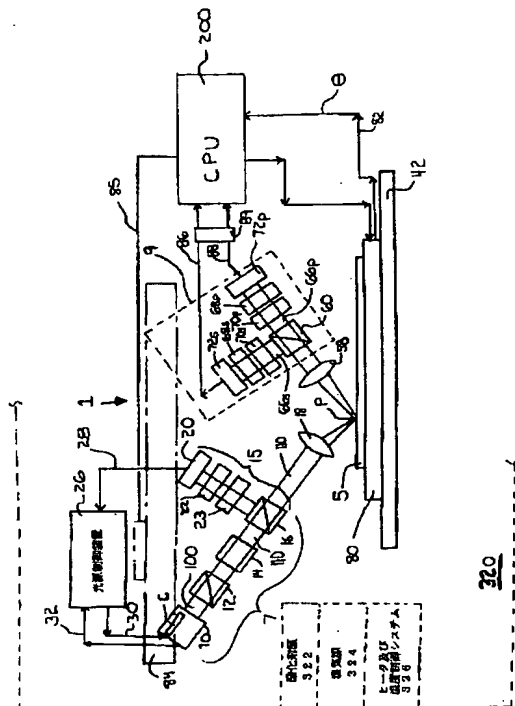
(74) 代理人 弁理士 石田 喜樹

(54) 【発明の名称】 光学的測定システム

(57) 【要約】

【課題】 基板、又は、基板の上にある薄膜層の厚さ又は光学的特性を評価する。

【解決手段】 本光学的測定システム1は、光線を発生する光源10と、光源を出た光線を偏光させる静的偏光素子12と、基板位置から反射した光を測定する測定システム9とを含む。測定システム9は基板5から反射された光をs偏光及びp偏光に分ける静的ビームスプリッター素子60を含む。さらに測定システム9は、s偏光の振幅とp偏光の強度とを別々に測定する二つの光学センサを含む。制御システム200がs偏光及びp偏光の測定された振幅を分析して基板のトポロジの変化又は薄膜層の厚さ又は光学的特性の変化を判定する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光線を発生させる手段と、  
前記光線を発生させる手段を出た光線を偏光させて安定した偏光を提供する静的偏光素子と、  
前記安定した偏光を基板上の特定の位置に焦点合わせする手段と、  
前記基板上の前記特定の位置と相互作用した後の前記光線を測定する手段であって、  
前記基板上の前記特定の位置と相互作用した後の前記光線を s 偏光及び p 偏光に静的に分ける手段と、  
s 偏光の振幅を測定する手段と、  
p 偏光の振幅を測定する手段と、  
前記 s 偏光及び p 偏光の測定された振幅を分析することで前記基板の変化を調べる手段と、を含む、前記光線を測定する手段とを含む、基板を評価するための光学的測定システム。

【請求項 2】 前記光線を発生させる手段がレーザである、請求項 1 に記載の光学的測定システム。

【請求項 3】 前記レーザがファイバ接続レーザダイオードである、請求項 2 に記載の光学的測定システム。

【請求項 4】 前記レーザがレーザダイオードである、請求項 2 に記載の光学的測定システム。

【請求項 5】 前記静的偏光素子がリターダである、請求項 1 に記載の光学的測定システム。

【請求項 6】 前記リターダが四分の一波長板である、請求項 5 に記載の光学的測定システム。

【請求項 7】 前記リターダが液晶可変リターダ (LCVR) である、請求項 5 に記載の光学的測定システム。

【請求項 8】 前記静的偏光素子が、光線を 100:1 よりも良好な偏光比に偏光させる、請求項 1 に記載の光学的測定システム。

【請求項 9】 前記光線を焦点合わせする手段が対物レンズである、請求項 1 に記載の光学的測定システム。

【請求項 10】 前記光線を分ける手段が偏光ビームスプリッタである、請求項 1 に記載の光学的測定システム。

【請求項 11】 前記 s 偏光の振幅を測定する手段が光ダイオードである、請求項 1 に記載の光学的測定システム。

【請求項 12】 前記 p 偏光の振幅を測定する手段が光ダイオードである、請求項 1 に記載の光学的測定システム。

【請求項 13】 光線の強度を制御し、安定させる光源フィードバックシステムをさらに含む、請求項 1 に記載の光学的測定システム。

【請求項 14】 前記光源フィードバックシステムが、光線の強度を測定すると共に、測定された強度に基づき出力信号を生成する光ダイオードと、  
前記光源を発生させる手段と前記光ダイオードとに接続された光源制御装置であって、前記光ダイオードから受

け取った出力信号に基づき光線を制御し、安定させる、光源制御装置とを含む、請求項 13 に記載の光学的測定システム。

【請求項 15】 光線の一部分を前記光ダイオードに向ける非偏光性ビームスプリッタをさらに含む、請求項 14 に記載の光学的測定システム。

【請求項 16】 光線の強度を監視する光源フィードバックシステムをさらに含む、請求項 1 に記載の光学的測定システム。

10 【請求項 17】 前記光源フィードバックシステムが、光線の強度を測定する光ダイオードを含む、請求項 16 に記載の光学的測定システム。

【請求項 18】 前記偏光した光線を前記基板の少なくとも一部分に渡って移動させる制御可能並進可能なアセンブリをさらに含む、請求項 1 に記載の光学的測定システム。

【請求項 19】 前記偏光した光線が当たる前記基板上の特定の位置を判定する位置表示手段をさらに含む、請求項 18 に記載の光学的測定システム。

20 【請求項 20】 前記位置表示手段が 512 位置軸符号器である、請求項 19 に記載の光学的測定システム。

【請求項 21】 前記分析する手段が、前記位置表示手段と、前記 s 偏光の振幅を測定する手段と、前記 p 偏光の振幅を測定する手段とに接続された制御システムであり、前記制御システムは、s 偏光及び p 偏光の測定された振幅と、光線が当たる前記基板上の特定位置とを相関付けるデータ群をコンパイルする、請求項 20 に記載の光学的測定システム。

30 【請求項 22】 前記制御システムが、前記データ群を記憶するメモリ記憶手段を含む、請求項 21 に記載の光学的測定システム。

【請求項 23】 前記測定する手段が、前記基板と相互作用した後の光を 1 kHz よりも大きな周波数で測定するよう構成されている、請求項 21 に記載の光学的測定システム。

【請求項 24】 前記測定する手段が、前記基板と相互作用した後の光をおよそ 100 kHz の周波数で測定するよう構成されている、請求項 21 に記載の光学的測定システム。

40 【請求項 25】 前記測定する手段が、前記基板と相互作用した後の光をおよそ 10 MHz の周波数で測定するよう構成されている、請求項 21 に記載の光学的測定システム。

【請求項 26】 前記基板が磁気記憶ディスクである、請求項 1 に記載の光学的測定システム。

【請求項 27】 前記基板がシリコンウェーファ、ガリウム砒素ウェーファ、又はガラス製パネルである、請求項 1 に記載の光学的測定システム。

50 【請求項 28】 前記光線を発生させる手段が一定波長で前記光線を発生させる、請求項 1 に記載の光学的測定

システム。

【請求項 2 9】 前記分析する手段が s 偏光及び p 偏光の測定された振幅を分析することで基板トポロジの変化を判定する、請求項 1 に記載の光学的測定システム。

【請求項 3 0】 前記分析する手段が s 偏光及び p 偏光の測定された振幅を分析することで前記基板上にある薄膜の厚さの変化を判定する、請求項 1 に記載の光学的測定システム。

【請求項 3 1】 前記分析する手段が s 偏光及び p 偏光の測定された振幅を分析することで前記基板上にある薄膜の光学的特性の変化を判定する、請求項 1 に記載の光学的測定システム。

【請求項 3 2】 前記偏光素子が、光線を楕円偏光させる楕円偏光器である、請求項 1 に記載の光学的測定システム。

【請求項 3 3】 前記偏光素子が、光線を直線偏光させる直線偏光器である、請求項 1 に記載の光学的測定システム。

【請求項 3 4】 前記偏光素子が、光線を円形偏光させる円形偏光器である、請求項 1 に記載の光学的測定システム。

【請求項 3 5】 前記基板から反射した散乱光を集めると共に測定するシステムをさらに含む、請求項 1 に記載の光学的測定システム。

【請求項 3 6】 前記散乱光を集めると共に測定するシステムが積分球を含む、請求項 3 5 に記載の光学的測定システム。

【請求項 3 7】 光線を発生させる光源と、前記光源から出た光線を偏光させて偏光した光線を提供する偏光素子と、

前記偏光した光線を基板上的特定の位置に向ける光学システムと、

前記偏光した光線が前記基板上的複数の位置に当たるよう、前記偏光した光線を前記基板の少なくとも一部分に渡って移動させる制御可能並進可能なアセンブリと、

前記偏光した光線が当たる前記基板上的特定の位置を判定する位置表示手段と、

前記偏光した光線が当たる前記基板上的前記特定の位置と相互作用した後の前記光を測定する測定システムであって、前記基板からの光を 1 k H z を越える周波数で測定するよう構成されており、

前記基板上的前記特定の位置からの光を s 偏光及び p 偏光に分ける少なくとも一つの偏光ビームスプリッタと、s 偏光の振幅を測定する第一光学センサと、p 偏光の振幅を測定する第二光学センサと

を含む、測定システムと、

前記基板上的変化を判定するために、s 偏光及び p 偏光の測定された振幅を、偏光した光線が当たる前記基板上的前記特定の位置と関連付けるデータ群をコンパイルする制御システムとを含む、基板を評価するための光学的

測定システム。

【請求項 3 8】 前記偏光素子が、光線を楕円偏光させる楕円偏光器である、請求項 3 7 に記載の光学的測定システム。

【請求項 3 9】 前記偏光素子が、光線を直線偏光させる直線偏光器である、請求項 3 7 に記載の光学的測定システム。

【請求項 4 0】 前記偏光素子が、光線を円形偏光させる円形偏光器である、請求項 3 7 に記載の光学的測定システム。

【請求項 4 1】 前記測定システムが、前記基板と相互作用した後の前記偏光をおよそ 20 k H z の周波数で測定するよう構成されている、請求項 3 7 に記載の光学的測定システム。

【請求項 4 2】 前記測定システムが、前記基板と相互作用した後の前記偏光をおよそ 10 M H z の周波数で測定するよう構成されている、請求項 3 7 に記載の光学的測定システム。

【請求項 4 3】 前記偏光素子が静的偏光素子である、請求項 3 7 に記載の光学的測定システム。

【請求項 4 4】 前記基板表面から反射した散乱光を集めると共に測定するシステムをさらに含む、請求項 3 7 に記載の光学的測定システム。

【請求項 4 5】 前記散乱光を集めると共に測定するシステムが積分球を含む、請求項 4 4 に記載の光学的測定システム。

【請求項 4 6】 光線を発生させるステップと、前記光線を静的に偏光させて安定した偏光光線を形成するステップと、

前記偏光した光線を基板上的特定の位置に向けるステップと、

前記基板表面上の特定の位置と相互作用した後の前記偏光した光線を二つの直交する偏光した光線に分けるステップと、

前記直交する偏光光線のそれぞれの振幅を測定するステップと、

前記二つの直交する偏光光線の各々の測定された振幅を分析することで前記基板の変化を判定するステップとを含む、基板を評価する方法。

【請求項 4 7】 前記光線を偏光させるステップが、光線を直線偏光させるステップを含む、請求項 4 6 に記載の方法。

【請求項 4 8】 前記光線を偏光させるステップが、光線を楕円偏光させるステップを含む、請求項 4 6 に記載の方法。

【請求項 4 9】 前記光線を偏光させるステップが、光線を円形偏光させるステップを含む、請求項 4 6 に記載の方法。

【請求項 5 0】 偏光した光線を発生させ、前記偏光した光線を基板上的複数の測定点に向け、

前記基板表面上の各測定点からの光を二つの直交する偏光光線に分け、  
直交方向に偏光した各組の光線の振幅を 1 kHz を越える周波数で測定し、  
直交方向に偏光した各組の光線の測定された振幅を、前記基板上的のそれぞれ対応する測定点の位置と同調させることでデータ群をコンパイルすることにより前記基板の少なくとも一部分の初期マップを生成するステップと、  
前記基板の第二マップを生成するステップと、  
前記初期マップと前記第二マップとを比較することで前記基板上的の変化を判定するステップとを含む、基板を評価する方法。

【請求項 5 1】 前記基板の第二マップを生成するステップが、  
偏光した光線を発生させるステップと、  
前記偏光した光線を前記基板上的の複数の測定点に向けるステップと、  
前記基板上的の各測定点からの前記光を二つの直交する偏光光線の組に分けるステップと、  
各組の直交する偏光光線の振幅を測定するステップと、  
各組の直交する偏光光線の測定された振幅を、前記基板上的のそれぞれ対応する測定点の位置に同調させることで第二データ群をコンパイルするステップとを含む、請求項 5 0 に記載の方法。

【請求項 5 2】 前記基板表面上の変化を判定するステップが、  
前記初期マップの測定点の少なくとも一部分に対する二つの直交する偏光光線の組の測定された振幅を、前記第二マップの対応する測定点に対する二つの直交する偏光光線の組の測定された振幅と比較するステップを含む、請求項 5 0 に記載の方法。

【請求項 5 3】 光線を発生させる手段と、  
前記光線を発生させる手段を出た光線を偏光させて安定した偏光を提供する静的偏光素子と、  
前記安定した偏光を基板上的の特定の位置に焦点合わせする手段と、  
前記基板上的の前記特定の位置から反射した前記光線を測定する手段であって、  
前記基板上的の前記特定の位置から反射した前記光線を s 偏光及び p 偏光に静的に分ける手段と、  
s 偏光の振幅を測定する手段と、  
p 偏光の振幅を測定する手段と、  
前記 s 偏光及び p 偏光の測定された振幅を分析して前記基板の変化を判定する手段と、を含む、前記光線を測定する手段とを含む、基板を評価するための光学的測定システム。

【請求項 5 4】 異なる波長を有する光線を発生させるよう、それぞれが構成された複数の光源と、  
前記光源のうちの一つからの光線を選択する手段と、  
前記選択された光線を偏光させて安定した偏光を提供す

る偏光素子と、  
前記偏光を前記基板上的の特定の位置に焦点合わせする手段と、  
前記基板上的の特定の位置と相互作用した後の前記光線を測定する手段であって、  
前記基板上的の前記特定の位置と相互作用した後の前記光線を s 偏光及び p 偏光に分ける手段と、  
s 偏光の振幅を測定する手段と、  
p 偏光の振幅を測定する手段と、  
10 前記 s 偏光及び p 偏光の測定された振幅を分析して前記基板の変化を判定する手段と、を含む、前記光線を測定する手段とを含む、基板を評価するための光学的測定システム。

【請求項 5 5】 第一波長の偏光光線を発生させ、  
前記偏光光線を基板上的の複数の測定点に向け、  
前記基板上的の各測定点からの光を二つの直交する偏光光線に分け、  
前記直交する偏光光線の各組の振幅を測定し、  
直交する偏光光線の各組の測定された振幅を、前記基板上的のそれぞれ対応する測定点の位置に同調させることでデータ群をコンパイルすることにより、前記基板の少なくとも一部分の初期マップを生成するステップと、  
前記第一波長とは異なる第二波長の偏光光線を用いて前記基板の第二マップを生成するステップと、  
前記第一マップ及び前記第二マップを分析して前記基板の性質変化を判定するステップとを含む、基板を評価する方法。

【請求項 5 6】 前記基板の第二マップを生成するステップが、  
30 前記第二波長で偏光光線を発生させるステップと、  
前記偏光光線を前記基板上的の複数の測定点に向けるステップと、  
前記基板上的の各測定点からの前記光を、一組の二つの直交方向に偏光した光線に分けるステップと、  
各組の直交方向に偏光した光線の振幅を測定するステップと、  
各組の直交方向に偏光した光線の測定された振幅を、前記基板上的のそれぞれ対応する測定点の位置と同調させることにより第二データ群をコンパイルするステップとを含む、請求項 5 5 に記載の方法。

【請求項 5 7】 ある入射角で基板上的の特定の位置に光を向ける照射システムであって、  
光線を発生させる光源と、  
前記光線を偏光させて安定した偏光を提供する偏光素子とを含む照射システムと、  
前記基板上的の特定の位置に向けられた前記光の前記入射角を変更する手段と、  
前記基板上的の特定の位置と相互作用した後の前記光線を測定する手段であって、  
50 前記基板上的の特定の位置と相互作用した後の前記光線を

s 偏光及び p 偏光に分ける手段と、  
前記 s 偏光の振幅を測定する手段と、  
前記 p 偏光の振幅を測定する手段とを含む、測定する手段と、  
前記 s 偏光及び前記 p 偏光の測定された振幅を分析することで前記基板の変化を判定する手段とを含む、基板を評価するための光学的測定システム。

【請求項 58】 第一波長で偏光光線を発生させ、  
前記偏光光線を基板上の複数の測定点に第一入射角で向け、  
前記基板表面上の各測定点からの前記光を二つの直交方向に偏光した光線に分け、  
各組の直交方向に偏光した光線の振幅を測定し、  
各組の直交方向に偏光した光線の測定された振幅を、前記基板上のそれぞれ対応する測定点の位置と同調させることによりデータ群をコンパイルすることで、前記基板の少なくとも一部分の初期マップを生成するステップと、  
前記第一入射角とは異なる第二入射角で前記基板に向けられる偏光を用いて前記基板の第二マップを生成するステップと、  
前記第一マップ及び前記第二マップを分析することで前記基板の性質変化を判定するステップとを含む、基板を評価する方法。

【請求項 59】 前記基板の第二マップを生成するステップが、  
偏光した光線を発生させるステップと、  
前記偏光した光線を前記第二入射角で前記基板上の複数の測定点に向けるステップと、  
前記基板の各測定点からの前記光を一組の二つの直交方向に偏光した光線に分けるステップと、  
各組の直交方向に偏光した光線の振幅を測定するステップと、  
各組の直交方向に偏光した光線の測定された振幅を、前記基板上のそれぞれ対応する測定点の位置と同調させることにより第二データ群をコンパイルするステップとを含む、請求項 58 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、部分的に透光性の薄膜又はこのような膜の層の測定と、表面トポロジの測定又は表面さざの検出とに関するものである。特に、光学的測定又は検出と、薄膜又は基板表面に対してこのような光学的測定又は検出を行うための装置とに関する。

【0002】

【従来の技術】 ごく普通の製品でも、現在その数多くが、比較的面積の大きい滑らかな基板上に薄膜が形成された構造や、また、基板の下にある表面が反射性、おそらくは導電性であり、光学的には平坦でなくとも少なくとも視覚的に滑らかであるような基板を含む構造を有す

る。これらの製品を製造するための信頼性の高い製造方法を開発し、またこのような製品を検査したり、あるいはこれらに生じる欠陥を理解するには、その薄膜及び下にある基板を観察することが必要である。これらの膜は液体や固体であったり、観察光の一波長よりもかなり薄いものであったり、さらに、反射性の高い基板に対して細かな方法を用いて初めて観察が可能な特徴又は欠陥を有しているために特殊な装置を必要とすることがある。このような薄い表面への被膜に生じる変化を検出することは、さらに難しい。

【0003】 薄膜層及び表面を調べるために、反射楕円偏光法等の様々な光学的診断方法が提案されてきた。反射楕円偏光法とは、鏡面からの反射光の偏光の変化を測定することでこの表面に関する情報を得ようとするものである。従来の自動楕円偏光測定器は回転する光学素子、多くの場合回転する分析器を用いて、鏡面反射された光線の偏光を測定している。これらの楕円偏光測定器はかなり遅いものであるためにリアルタイム分析に適していないという大きな欠点がある。

【0004】 偏光変調楕円偏光測定器 (PME) という、いくらかより早い楕円偏光測定器がジェリソン氏及びモディン氏による文献 (アプライド・オブティックス、29 版、第 7 号 959 ページ (1990 年 3 月)) に記載されている。この楕円偏光測定器は標本表面への入射光を動的に楕円偏光させる光弾性変調器を用いており、ウォラストンプリズムを用いて分析光を直交方向に偏光した光に分離する。この装置の時間分解能は、およそ 50 kHz という位相変調器の変調周波数の制限を受けている。この種類の楕円偏光測定器の最適時間分解能は 10-ms だとされているが、これでもやはり、加工中、又は磁気保存ディスクの場合は使用中、のリアルタイム又は現場での分析にも、依然実用的ではない。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 薄膜又は基板表面の光学的測定又は検出を行うための上述した装置及び方法、並びにその他の従来の装置及び方法は最適とは呼べないものであるため、本発明の目的は、より感度が高く、迅速で時間分解能の高い非破壊的診断システム及び方法を提供することである。

【0006】 本発明の更なる目的は、基板表面に対して一回の光学的スキャンを行うだけで基板表面の分析の可能な光学的測定システム及び方法を提供することである。

【0007】 本発明の更にもう一つの目的は、薄膜層及びその下にある基板表面の変化又はきずをリアルタイム及び現場測定及び検出する光学的測定システム及び方法を提供することである。

【0008】 本発明のその他の一般的及びより具体的目的は、以下の図面及び説明から部分的に自明であり、かつ部分的に明白となるであろう。

## 【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、基板表面の評価、又は、基板上にある薄膜層の厚さ又は光学的特性を評価するための光学測定システムに向けられている。本光学測定システムは、光線を生じる光源と、前記光源から生じた光線を偏光させる静的偏光素子と、基板との相互作用後の光を測定する測定システムとを含む。前記測定システムは基板と相互作用した後の光を s 偏光と p 偏光とに分ける静的ビームスプリット素子を含む。前記測定システムはさらに、s 偏光の振幅と、p 偏光の強度とを別々に測定する二つの光学センサを含む。制御システムが s 偏光及び p 偏光について測定された振幅を分析し、それにより基板のトポロジの変化、又は薄膜層の厚さ又は光学的特性の変化を判定する。

【0010】本発明の光学測定システムの持つ大きな利点は、s 偏光成分の振幅及び p 偏光成分の振幅を同時に測定することができるため、システムの速度及び時間分解能が高く、また基板を分析するのに基板を一回スキャンすることで済むことにある。ある実施例では、本測定システムは、基板からの光を 1 kHz を越える周波数で測定するよう構成される。本発明の好適な実施例では本システムの速度は 10 MHz まで向上させることができる。

【0011】更に、本発明の光学測定システムは静的偏光を用いている、つまり基板上に入射する光の偏光を測定中に変更しないため、システムの速度がシステムの光学素子の回転又は変調周波数の制限を受けない。

【0012】静的偏光素子は光源からの光を静的に楕円偏光、円形偏光又は直線偏光させるリターダとすることができる。このリターダは、例えば四分の一波長板でも半波長板でもよい。あるいは、リターダは液晶可変リターダ (LCVR) でもよい。

【0013】本発明の好適な実施例では、本光学測定システムに基板表面から反射した散乱光を集めて測定するシステムを含めることで基板表面の凸凹に関する情報を得てもよい。この散乱光を集めて測定するシステムには、散乱光を集める積分球と、散乱光の強度を測定する光ダイオードとを含めてもよい。

【0014】ある実施例では、本システムは光源からの光線を制御し安定させる光源フィードバックシステムを含む。前記光源フィードバックシステムには、光線の強度を測定する光ダイオードと、測定された強度に基づいて光線を制御し安定させる光源制御装置とを含めることができる。非偏光性のビームスプリッタを用いれば、光源を出た光線の一部を測定できるよう光ダイオードに向けることができる。前記光源フィードバックシステムは光源に一体化しても、あるいは分離して本発明による光学測定システムの照射システムのスタンドアローン型サブシステムとしてもよい。もしくは、前記光源フィードバックシステムを、光線の制御又は安定化を行うこと

なく、光源からの光線を監視するためにのみ用いてもよい。

【0015】本発明の光学システムには、偏光した光線を基板の一部に渡って移動させる制御可能かつ並進可能なアセンブリを含めると好ましい。偏光した光線が当たる基板上の特定の位置を判定するには位置インジケータを用いることができる。好ましくは、本制御システムが、s 偏光及び p 偏光について測定された振幅を、光源が照射する基板上の特定の位置に相関付けるデータ群、つまり画像強度マップをコンパイルするとよい。前記画像強度マップは、本制御システムに設けられたメモリ記憶装置内に保存することができる。

【0016】ある好適な実施例では、本発明による光学測定システムは、基板の少なくとも一部分の初期マップを生成するために基板に対して初期測定を行う。偏光した光線は基板上の複数の測定点に向ける。基板上の各測定点から反射された光を二つの直交方向の偏光光線に分離し、直交方向に偏光した各組の光線の振幅を、1 kHz を越える周波数で測定する。制御システムは、直交方向に偏光された各組の光線について測定された振幅を、基板上のそれぞれ対応する測定点の位置と同調させることでデータ群、つまり初期マップをコンパイルする。次のマップとの比較により、基板上の変化、又は基板の上にある薄膜層上の変化を分析することができる。

## 【0017】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面に基いて説明する。以下の説明及び添付の図面において同様の素子には同様の参照符号を用いるものとする。

【0018】図 1 に、基板 5 のトポロジ及び基板 5 の上にある薄膜層の厚さ又は光学的特性を評価するための、本発明の第一実施例による光学測定システム 1 を示す。

【0019】光学測定システム 1 の構成部材は、偏光した光線を生じる照射システム 7 と、基板から反射された偏光の強度を測定する検出システム 9 を含む。

【0020】検査の対象である基板 5 は、テストスタンド又はベース 42 に支持され、照射システム 7 及び検出システム 9 は、図 1 に示すように、ベース 42 の上方にある、紙平面に対して直交する軸方向に一次元並進運動が行えるよう、軌道又はステージ 84 から懸架されて可動となっている。ベース 42 は、ディスクの摩擦検査を行うと共にディスクに対して情報の書き込み及び読み取りを行うために、例えば磁気媒体記憶ディスク等の基板 5 を回転させるための通常のいわゆるハードディスク駆動装置などのモータ駆動式ターンテーブル 80 と、磁気ヘッドと、従来型のキャリヤ (図示せず) とを含む。ターンテーブル 80 が 512 位置軸符号器を有する軸 (図示せず) 周りに回転すると、軸回転角  $s\theta$  に対応する角度位置信号がライン 82 に出力され、この信号が適した回路を介してプロセッサ CPU 200 に接続して測定値



と同調する。位置信号には、各回転毎に、ゼロ位置同調又はフレーミング信号が含まれ、この後に、適した信号処理を施した後の $2^{15}$ 符号器信号が続く。ターンテーブルは、例えば毎秒三万又は四万五千の軸符号器位置に相当する3,600又は5,400毎分回転数で回転してもよいが、測定速度が重要な場合には、より速いモータ、例えば7,200毎分回転数又は10,000毎分回転数のもの、より細かく分割された軸符号器、及び／又は特殊な制御チップを用いて、サンプル位置を補間したり、あるいは毎秒毎のデータ点の数を増やしてもよい。

【0021】ターンテーブル80の上方には、基板5の平面上のプローブ点Pについて対称に配置かつ整列するよう可動式の照射システム7及び検出システム9が取り付けられている。アセンブリ・ステージ84の移動により基板を横切って点Pが放射方向にスキャンされる。ステージ84はマイクロメータ又はそれ以下のインクリメントでステップ制御されており、位置を表し制御する信号はライン85上でCPU200により継続的に監視又は制御されて、基板上で照射された $r$ 、 $\theta$ 位置を、A/Dコンバータ89による適した処理後にライン86及び88を介してCPU200に送られる、照射システム7及び検出システム9からの光学的結果と同調又は調和させる。

【0022】あるいは、ターンテーブル80又はベース42を並進運動可能なテーブル（図示せず）上に取り付けてターンテーブル80が回転するときの基板5表面上の点Pをスキャンさせてもよい。この構成では、ステージ84のために分離したステップは不要であろう。

【0023】照射システム7には、強度を安定させ直線偏光させた光線100を出す光源10を含めてもよい。光源10は安定した670nmの出力光を出す4ミリワットのレーザダイオード等、レーザ源とすることができる。光線100の偏光の質は光源10を出た後の光路に偏光器12を加えることで向上させることができる。楕円偏光であれば、光線を100:1よりも良好な偏光比に偏光させることが好ましい。リターダ14は好ましくは零次四分の一波長板であるとよいが、あるいは液晶可変リターダ(LCVR)又は半波長板(直線偏光の場合)でもよい。LCVRとすれば光線100の偏光をより高度に制御することが可能となる。例えば、LCVRを用いると、円形又は楕円形の偏光に加えて、s偏光又はp偏光という、二つの直交する直線偏光のうちの一方に光線100を直線偏光させることができる。

【0024】測定中の光学的測定システム1のデータ収集速度を最適化するには、光線100の偏光状態は安定型、つまり静的であることが好ましい。偏光状態は、LCVRを用いるか又はリターダを変更することで測定間に変えることができる。より感度の高い測定を行うためには、LCVRを用いれば光線100の偏光状態を調節

できるがデータ収集の速度が減じる可能性がある。

【0025】偏光110は対物レンズ18により基板5上の小さな点に焦点が合わせられる。対物レンズ18は、簡単な、しかし高品質の、例えば回折に制限のある焦点距離が4.8mmのメレス・グリオット06GLC005等の焦点合わせアセンブリでよい。これは、レーザダイオードから約7ミクロンの大きさの点をディスク表面で出力させるものである。

【0026】外部の光源フィードバックシステム15を照射システム7の光路に設けると、光源10の強度を制御し、かつ安定させることができる。このフィードバックシステムには、非偏光性のビームスプリッタ16と、90度の光線強度を測定する光ダイオード20とが含まれる。さらに光学的散光器22及びバンドパスフィルタ23を設ければ、光ダイオード20における光源強度の測定に迷光が影響を与える可能性が減少し、光が光ダイオード20に確実に均一に届くこととなる。光源制御装置26はライン28を通じて光ダイオード20の出力信号を受け取り、ライン30を通じて制御信号を生成して光源10を制御し、かつ安定させる。光源制御装置26は光源10に一体化してもよく、別の外部フィードバック制御システムの一部でもよく、又は光学的測定システム1を制御する中央のCPU200に一体化してもよい。光源の内部フィードバックはライン32を通じて行ってもよい。

【0027】あるいは、光源10の強度を監視又は測定させるためだけに光源フィードバックシステム15を用いてもよい。この構成では、この光源フィードバックシステムからの強度測定値はCPU200により監視した後分析することができる。

【0028】光源10内には、レーザダイオードに一体又は連続した温度センサが用いられており、この温度センサは、レーザダイオードのレーザ空洞共振器を一定の温度に維持するよう励起される固体ペルチエ効果冷却装置Cの制御信号を生成させるものである。これにより、レーザ運転中にレーザ出力が空洞共振器モード間で飛ぶことが防止される。レーザも一定の出力レベルで運転される。このような出力制御はいくつかの方法で達成することができよう。例えばビームスプリッタ16はレーザダイオードに一体に形成されてもよいが(例えばダイオード空洞共振器に部分的透光性、例えば0.01%透光性、の裏面を設けるなどして)、このビームスプリッタ16に、出力光エネルギーのうちの一定部分を光ダイオード20に提供させてレーザ振幅信号を発生させ、この信号を負のフィードバックループでレーザ電流駆動装置

(光源制御装置26)に送ることで一定の振幅のレーザ出力を生じさせてもよい。あるいは、レーザ出力を検出及び制御するのではなく、簡単な定電流駆動装置を用いてもよい。この場合は単なる電流フィードバック回路が駆動信号レベルを安定させることになる。このような二

つの温度及び出力安定制御があることで、光源10は一定の波長の出力光を生じ、その振幅も $10^4$ の一因数内に一定である。

【0029】検出システム9は照射システム7と同じステージ又はキャリッジに取り付けられており、基板に対して入射角の等しい位置に配置され、基板上の点Pから反射された光線を受け取る。検出システム9には、コリメータ58と、基板5から反射された光を二つの直線偏光した光線成分であるs偏光66s及びp偏光66pに分ける静的偏光ビームスプリッタ60とが含まれる。検出システム9には、s偏光66s及びp偏光66pの強度をそれぞれ別々に測定する二つの光ダイオード72s及び72pが含まれる。このように、光ダイオード72s及び72pは各時点において点Pから反射されたs偏光及びp偏光の両方の強度を示す出力を生成する。さらに光学的散光器68s及び68p並びにバンドパスフィルタ70s及び70pを設けて、迷光がレーザ強度に影響を与える可能性を減じ、光の均一性が確実に得られるようにすることができる。光学的散光器68s及び68pをそれぞれ積分球と置き換えれば、ビーム角偏差への感度を下げることができる。

【0030】評価の対象となる基板は、例えば標準的な市販の大きさ、例えば直径約6.5又は9.5ミリメートルの磁気記憶ディスクでもよく、一例としては約1.9mmの厚さのガラス製又はアルミニウム／マグネシウム材料から形成されたものでもよい。代表的なディスクの基板表面には、10から15マイクロメートルの厚さのニッケル／リン層の上に約1000オングストロームの厚さのクロムの層が積層されている。実際の磁気記憶層は、さらにその上に500オングストロームの厚さのコバルト／プラチナ／クロム磁気合金媒体として積層されている。これらの層がディスクの完全に反射性の上面を形成している。約150オングストロームの厚さのカーボンによる平面化層がこの磁気記憶層上にさらに積層されており、このカーボン層の上に、例えば過フルオロポリエーテル等の潤滑剤の層が厚さ約20オングストロームになるよう形成されている。

【0031】光学的測定システム1の作動の代表的サイクルは以下のように展開する。照射システム7は、s偏光成分及びp偏光成分の両方を有する静的楕円（又は直線あるいは円形）偏光110を一定波長で提供するが、その強度レベルは光源フィードバックシステム15により監視される。ターンテーブル80が回転すると、この楕円偏光110は放射方向に移動してディスクの放射方向を端から端までたどり、検出システム9が測定する、ディスク上の座標（ $r$ 、 $\theta$ ）で表される各点で集められた光のパワーを示すデジタル表現値をCPU200が記憶する。このデータを集めることにより、両s及びp偏光状態について基板上のすべての点の反射率の量的記録又はマップが得られる。

【0032】光学的測定システム1は、ヒータ及び温度制御システム326を備えた、密閉された環境の検査チャンバ320内で作動させてもよく、この検査チャンバにはさらに酸化剤源322、湿気源324又はその他の環境作用因子の源を形成又はこれに接続するための適した手段を設け、この手段を選択的に作動させることで様々な環境上の検査条件に基板表面を暴露するようにしてもよい。このような暴露に際しては、数回の正常な処理運転を基板に対して行うことで基板表面の変化を測定する。例えば、磁気記憶ディスクの場合には、磁気ヘッドが潤滑層の上にあるディスク表面全体を行き来するため、摩擦疲労、潤滑剤による浸蝕又は再分布、等々が発生する。

【0033】更なる代表的プロトコルでは、検査条件下で以下の作動、つまり第二群の反射率測定を行うことで同じ基板の第二のマップ、又は比較反射率マップをコンパイルする。この間を通じて、CPU200が記憶する各データ群の一定の（ $r$ 、 $\theta$ ）座標を持つ点が正確に一致するよう、基板はターンテーブル上に置いておくことが好ましい。

【0034】このように、検査前及び検査後の両方についてs及びp偏光光線を用いて表面反射率マップができあがると、s偏光及びp偏光の両方の反射率の変化について、並びに各時点でのs及びp偏光の反射の相対量について情報が得られたことになる。

【0035】本発明の光学的システム1は、基板表面から反射されたs偏光及びp偏光を同時に測定することができるため、直線偏光を用いた従来の光学的測定システムを越える大きな利点をもたらすものである。従って、基板表面全体に対してs偏光で一回、そしてp偏光でも一回という、二回の別々のスキャンを行う必要はない。こうして、ここに参考文献として編入することとする、同じ発明者による同時係属中の米国出願第08/640,567号に開示された装置のような、従来の直線偏光システムと比較すると、本システムのデータ収集速度は効果的に二倍になっている。

【0036】加えて、本発明の光学的測定システムは従来の反射楕円偏光測定器と比較して数多くの利点をもたらすものであるが、それはなぜなら静的分析器、例えば偏光ビームスプリッタ60を従来の回転分析器の代わりに用いているからである。これにより、回転又は変調光学素子を用いた楕円偏光測定器と比較すると、より高速のデータ収集が可能となっている。

【0037】本発明の光学的測定システムの著しく優れた点は、データ収集の速度に制限を与えるのは、主にシステムの電子機器の速度、特にA/Dコンバータ89の速度であるという点である。従って、より高速の電子機器が入手可能となるにつれ、より高速のディスク駆動装置のリアルタイムかつ現場での測定に本発明の装置を用いることができることとなる。現在のところ、産業界の

研究はおよそ10,000毎分回転数というディスク駆動速度を得ることに焦点が絞られているが、20,000毎分回転数のディスク駆動速度も可能であろう。本発明の光学装置は、このようなディスク駆動装置で作動するディスクのリアルタイム、現場測定を行うべく構成できる柔軟性及び適合性をもたらすものである。

【0038】ハードディスク駆動装置で作動する磁気記憶ディスクの場合では、磁気ヘッドはある特定の速度でディスク表面上を移動するよう設計されている。このディスク駆動装置をこれより低速で長時間作動させるとヘッドによりディスクが損傷を受けることがある。このように、ヘッドによるディスク損傷を防ぐには、磁気記憶ディスクの現場測定はいかなる場合もハードディスク駆動装置の運転速度で又はそれに近い速度で行われることが重要である。

【0039】例えば10,000毎分回転数の速度で回転している95mmの磁気記憶ディスクを、本発明による測定システムにより、現場で、つまりディスク駆動装置内で測定することが可能である。7ミクロンの大きさのレーザスポットを用いることで、レーザスポットを重複させることなく42636のデータ点を回転毎に測定することができる。これは全速(10,000毎分回転数)データ収集では約7.1MHzのデータ収集速度となる。分解能を高めるには、データ点間でレーザスポットが重複していると好ましいため、本発明のデータ収集速度は10MHz速度であると好ましい。

【0040】12ビットのA/Dコンバータを用いることで、約10オングストロームの膜厚変化に相当する反射率の0.1%の変化を10MHzのデータ収集速度で測定することができる。10MHzのデータ収集速度では可変オフセット値及びゲイン値を適用することでより精度を高くすることができる。可変オフセット値及びゲイン値を用いなければ、16ビットA/Dコンバータを用いればより正確な測定を行うことはできるが、データ収集速度もこれに対応して200kHz域まで減少する。反対に、8ビットA/Dコンバータを用いればデータ収集速度は1GHz域まで上昇するが、精度も対応して落ちるため、このようなシステムの利用には制限が出る。

【0041】一般的な用途では、基板表面上にある材料のブルースターの角に概ね等しい角度に光線110を向けることが好ましい。複数の薄膜層が基板表面を覆っている場合、例えば磁気記憶ディスクの場合では、光線110を、 $\tan(\phi)$ が一番上の薄膜層(例えば潤滑剤)の屈折率と一番下の薄膜層(例えばカーボン層)の屈折率との間に来るような、約60°、一般的には約53°と約70°との間の角度 $\phi$ に向けることが好ましい。ある材料(例えば潤滑剤)のブルースター角を越えるが他方の(カーボン層)のブルースター角未満の角度に光が当たるような範囲で作動させることで、両方の偏

光性を持つ光が集められた光で表されることとなる。さらに、検出されるs及びpの相対的照射量、及び二回の測定間での強度変化の方向から、変化の性質を単純な論理配列で明らかにすることができる。

【0042】一般的には、レーザの波長自体は特にあまり重要ではないが、それはなぜなら、潤滑剤の膜は可能な波長の光のうちその多くについてはあまり吸収せず、カーボン膜は吸収こそするがその感度は多くの場合、膜厚1オングストローム当りおよそ0.04%という強度変化に過ぎないからである。上述のようにレーザ源を安定させることで、出願人は、振幅のこのような小さな変化を繰り返し検出することができる。温度の安定化は強度安定性を高めるだけでなく、さらに光線110にモード飛びが起きないようにするため、回折飛びが強度及び波長に影響を与えなくなり、従って二つの別々の時点で採った(r,  $\theta$ )座標が確実にディスク上の同じ点Pを表すこととなる。反射率マップの分解能は多くの場合、レンズのスポットの大きさと、基板上の位置を調べるのに用いられた位置監視手段の精度とに依存することとなる。

【0043】上述の装置は、量的に正確であり、基板がターンテーブル上に残されたときの基板座標の「完全な記憶」を有しているという、大きな長所を持つ。磁気記憶ディスクの例では、典型的にはs偏光は約70パーセントが反射されるが、p偏光で反射されるのはその半分に満たない。ほぼ完全に反射性のバックグラウンドに対して操作すると、散乱、カーボンの厚さ、及び精粗のばらつき及び吸収率といった作用を原因とする反射光の強度の差の合計は僅かに約2パーセントである。しかしながら、上述の装置を用いると、0.1%の差も容易に検出され、反射率の範囲を広げて像のコントラストを向上させることも容易に行える。従って、座標/強度マップは大変有用であると判明している。例えば潤滑剤の厚さの高分解能マップを、表面をマッピングし、潤滑剤を洗い落とした後、第二の反射率マップをコンパイルしてこの二つのマップを点を参照して比較することで得られる。CPU200には、点を対照したときの差のマップを判定したり、検出される強度変化の範囲を広げたり、また基板のグラフィック画像を印刷したりするためのソフトウェア・モジュールを含めてもよい。さらに特定の特徴を検出したり注釈したりするパターン検出ソフトウェアを含めてもよい。

【0044】さらに、いくつかの用途では基板を一回測定スキャン又は一サイクル行えば、基板表面の評価が充分であることもあるであろう。このような用途では、基板表面上の各測定点の位置の決定は不要であるため、位置符号器又はそれに類似のものをシステムから取り外してもよい。このような用途には、例えば、基板表面の平坦さを測定したり、又は基板表面に付着させた薄膜の均一性を評価したりする場合が含まれる。

【0045】加えて、より発展させた形の様々な測定プロトコルを、上述した基本的な第一実施例と共に実施可能であろう。

【0046】本システムは、膜層を付着させる、蝕刻する、パターン形成する、薬品添加する、酸化させる、及びアニールして、その薄膜層の変化を評価する過程において有用である。例えば、薄膜層を基板上に溶射するスパッタリング処理では、本発明の光学的測定システムを用いて光学的特徴だけでなく溶射層の厚さを評価することで、均一な溶射厚さが確実に得られるようにすることができる。本光学的測定システムの検出器72s及び72pの測定する光の強度は、付着した膜及び基板の屈折率及び吸収係数の変化、そして膜の厚さの変化を感知するものである。その他の具体的な例には、半導体装置の製造工程におけるシリコンウェーファ上の絶縁層の厚さ（つまり二酸化シリコンの厚さ）の評価や、薄膜表示パネルに用いられた薄膜の被膜の分析がある。

【0047】あるいは、基板の三次元トポロジを加工中に評価することができる。例えば本発明の光学的測定システムを用いて半導体及びマイクロエレクトロニクスの製造過程におけるシリコンウェーファ及びガリウム砒素ウェーファの光学的特徴の変化を評価することで、例えば酸化フィルム、窒化フィルム、及び光導電被膜の膜厚及び均一性を測定することができる。

【0048】本発明の光学的測定システムの第二の実施例を図2に示す。第二の好適な実施例では、積分球90及びフィルタ92が基板上方に設けられて基板表面から反射された散乱光を集める。散乱光の強度は光ダイオード94により測定されてCPU200にライン96を介して送られる。積分球90の測定する散乱光の強度は基板表面の凹凸及びトポロジの変化に対して感度がある。好ましくは、積分球90を基板表面に隣接して配置することで積分球90に入射する散乱光の量を最大にするとよい。この配置では、光は積分球90に球の側面を通して入る。選択に応じ、積分球90を散光器に置き換えることも可能である。

【0049】さらに、第一実施例（図1）に関連して説明したターンテーブル80及びステージ84を、基板5を照射システム7及び検出システム9に対して移動させる代わりに置き換えることも可能である。例えば、図2に示すように、基板5をX-Y平面上で移動させるよう操作の可能な通常のモータ駆動式X-Yテーブル40に基板5を支持させ、このテーブル40はベース42に支持させることができる。位置監視システム46を設けて照射システムに対する基板5の位置を正確に監視させる。位置監視システム46には、X-Yテーブル40及び基板5のX位置を判定する、ベース42上に取り付けられた符号器48が含まれる。同様の符号器（図示せず）を設けてX-Yテーブル40及び基板5のY位置を判定させる。これら符号器からの位置情報はCPU

200にライン47を介して送られる。CPU200は制御信号を生成し、これをライン49に送ることで、検査中のX-Yテーブル40及び基板5のX-Y位置を制御する。

【0050】X-Yテーブル40の上方には、照射システム7及び検出システム9が基板5の平面上のプロープ点Pに対して対称に配置かつ位置合わせされる。X-Yテーブル40の移動により基板5上の点Pがスキャンされる。X-Yテーブルは1マイクロメートル増分ごとにステップ制御され、位置表示信号及び位置制御信号は、基板5上のX-Y位置が検出システム9から送られる結果に同調するよう、CPU200により継続的に監視制御される。

【0051】本発明の第三実施例を図3に示すが、この実施例では、複数の波長での測定を行うために照射システムには二つ又はそれ以上の光源が設けられている。例えば、第一波長で作動する第一光源300、第二波長で作動する第二光源302、及び第三波長で作動する第三光源306を照射システム7内に設けることができる。各光源は個別に安定させることが好ましい。例えばミラー304及び308など、適した光指向光学素子を用いることで、基板5上の点pを照射する特定の光源を選択することができる。複数の波長の光を用いる場合は、光線を偏光させるリターダは色消し波長板又は色消しフレネル菱面体であることが好ましい。

【0052】作動に際しては、光源を交替させて用いることにより、光の波長を基板のスキャン間に変更することが好ましい。基板測定の一例としては、第一波長で作動する第一光源300を用いて基板の第一回目のスキャンで始めてもよい。第一回目のスキャン完了後、第二光源302を選択することで光の波長を変更して第二回目のスキャンを第二波長で開始する。第二スキャンの完了後、第三波長で作動する第三光源306を選択して第三回目のスキャンを行う。こうして、三回のスキャンから得られた情報を組み合わせて、基板又は基板の上にある薄膜の光学的特性及び厚さに関する情報を得るのである。

【0053】異なる波長で測定を行うことの利点は、基板又は基板の上にある薄膜の光学的特性又は厚さに関し、単一の波長で行った測定で得られるより更に多くの情報を得ることができることにある。このような更なる情報は少なくとも二種類の個別の波長で測定を行うことで得られる。より感度のより測定を行うには、さらに多くの数の波長を用いることができるが、選択された波長のすべてについて基板の評価を完了するのに必要な時間は増す。

【0054】本発明の第四実施例を図4に示すが、この実施例では、複数の入射角で測定が行えるよう、照射システム7は可動式である。照射システム7は、基板5上方に懸架されたレール500に取り付けてもよい。同様

に、検出システム 9 をレール 502 に取り付けて検出システム 9 が照射システム 7 に連係して移動することで同じ入射角を維持できるようにしてもよい。

【0055】照射システム 7 及び検出システム 9 の移動は、マイクロメータ（図示せず）を介して手動で行っても、又はステップモータ 504 及び 506 などのモータを通じて行ってもよい。ステップモータ 504 及び 506 は、好ましくは CPU 200 に制御させて両システムのそれぞれについてほぼ同一の入射角が維持されるようにするとよい。あるいは選択に応じ、照射システム 7 及び検出システム 9 の両方を単一のレールに取り付けて入射角の同時の変更を行えるようにすることもできる。

【0056】第四実施例の作動は上述の第三実施例のものと同様の態様で進行する。基板のスキャンごとに、照射システム 7 及び検出システム 9 のそれぞれレール 500 及び 502 上の位置を調節することで入射角を変更することができる。少なくとも二種類の入射角で測定を行うことで、基板又は基板上にある薄膜の光学的特性及び厚さについて更なる情報を得ることができる。より感度の高い測定を行うには、更なる入射角を用いることができるが、選択された角度のすべてについて基板の評価を完了するのに必要な時間は増す。

【0057】本発明の第五実施例を図 5 に示すが、この実施例では本発明の光学的測定システムは、例えば平面パネル表示器の製造に用いられるガラス製の基板など、光学的に透明の基板 405 の透光性の測定を行えるよう構成されている。透光性光学的測定システム 401 には、第一実施例の照射システムと同様な態様で構成された照射システム 407 が含まれる。照射システム 407 には、光線を発する光源 410 と、偏光器 412 と、光線を静的に楕円、直線又は円形偏光させるリターダ 414 とが含まれる。透明な基板 405 上の点 P に偏光させた光の焦点を合わせるには対物レンズ（図示せず）を用いることができる。

【0058】検出システム 409 は、照射システム 407 に対し、透明な基板 405 の反対側に配置する。検出システム 409 は第一実施例の検出システムと同様な態様で配置される。検出システム 409 には、透過してきた偏光を二つの直線偏光成分に分ける静的偏光ビームスプリッタ 460 が含まれる。二つの光ダイオード 472 S 及び 472 P により、s 偏光及び p 偏光の強度がそれぞれ測定される。迷光がレーザ強度に影響を与えることが防がれて光の均一性が確実に得られるよう、光学的散光器 468 s 及び 468 p 並びにバンドパスフィルタ 470 s 及び 470 p も設けられている。

【0059】照射システム 407 及び検出システム 409 は、それぞれ別々の軌道又はステージ 84 a 及び 84 b から可動に懸架して、透明な基板 405 に対して移動できるようにしてもよい。あるいは選択に応じ、透明な基板を X-Y ステージ（図示せず）上に配置して照射シ

ステム 407 及び検出システム 409 に対して可動としてもよい。

【0060】光学的測定システム 401 の代表的作動サイクルは以下のように進行する。照射システム 407 が、s 偏光成分及び p 偏光成分の両方を有する楕円（又は直線又は円形）偏光光線を静的に提供する。この偏光光線は光学的に透明な基板 405 の表面を横切って移動し、基板を通過した後に検出システム 409 で受け取られる。CPU 200 は検出システム 409 により測定された、基板上の各測定点における通過光のパワーのデジタル表現値を記憶する。このデータの収集により、s 偏光及び p 偏光状態について基板上のすべての測定点の量的マップが得られる。

【0061】本発明は上述の実施例により限定されるものではなく、以下の請求の範囲から想到しうる実施例をすべて包含するものであることを理解されたい。

#### 【0062】

【発明の効果】以上本発明の光学的測定システムでは、s 偏光成分の振幅及び p 偏光成分の振幅を同時に測定することができるため、その速度及び時間分解能は高く、また基板を分析するには基板を一回スキャンすればよいという利点がある。さらに本発明の好適な実施例によれば本システムの速度を 10 MHz まで向上させることができる。

【0063】更に、本発明の光学的測定システムは静的偏光を用いている、つまり基板上に入射する光の偏光性を測定中に変更しないため、システムの速度がシステムの光学素子の回転又は変調周波数の制限を受けないという効果を有する。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第一実施例による光学的測定システムを示す概略側面図である。

【図 2】本発明の第二実施例による光学的測定システムを示す概略側面図である。

【図 3】本発明の第三実施例による光学的測定システムの照射システムを示す概略図である。

【図 4】本発明の第四実施例による光学的測定システムの照射システムを示す概略図である。

【図 5】本発明の第五実施例による光学的測定システムを示す概略図である。

#### 【符号の説明】

1, 401・・・光学的測定システム、5, 405・・・基板、7, 407・・・照射システム、9, 409・・・検出システム、10, 410・・・光源、100・・・光線、110・・・偏光、12, 412・・・偏光器、14, 414・・・リターダ、15・・・光源フィードバックシステム、16・・・ビームスプリッタ、18・・・対物レンズ、20・・・光ダイオード、22・・・散光器、23・・・バンドパスフィルタ、26・・・光源制御装置、28, 30, 32・・・ライン、40・・・X-Y テーブル、42・・・ペー

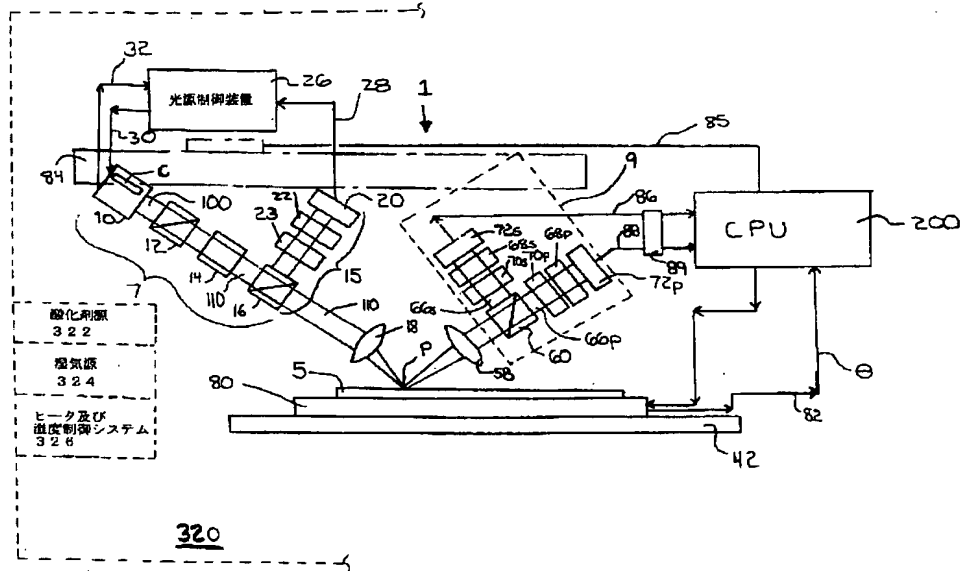
21

ス、46・・・位置監視システム、48・・・符号器、47、49・・・ライン、58・・・コリメータ、60、460・・・静的偏光スプリッタ、66s・・・s偏光、66p・・・p偏光、68s、68p・・・光学的散光器、70s、70p・・・バンドパスフィルタ、80・・・ターンテーブル、82、85、86、88・・・ライン、84・・・ステージ、89・・・A/Dコンバータ、90・・・積分

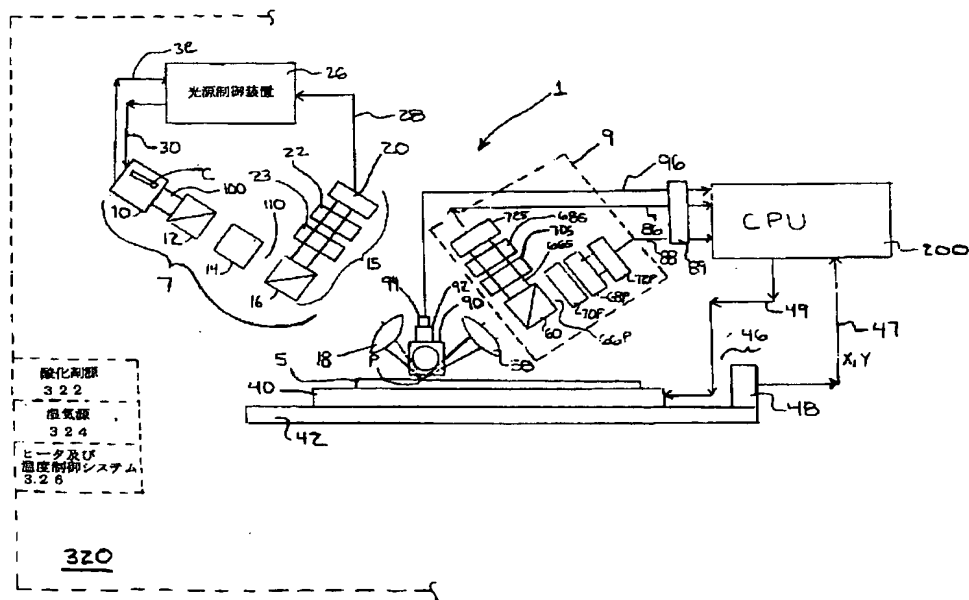
22

球、92・・・フィルタ、94・・・光ダイオード、96・・・ライン、300・・・第一光源504、302・・・第二光源、306・・・第三光源、304、308・・・ミラー、320・・・検査チャンバ、322・・・酸化剤源、324・・・湿気源、326・・・ヒータ及び温度制御システム、506・・・ステップモータ。

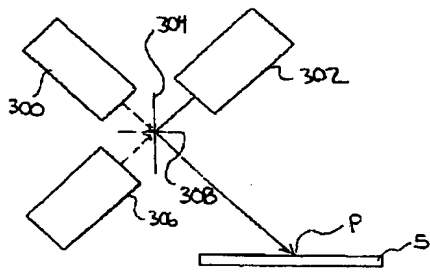
【図1】



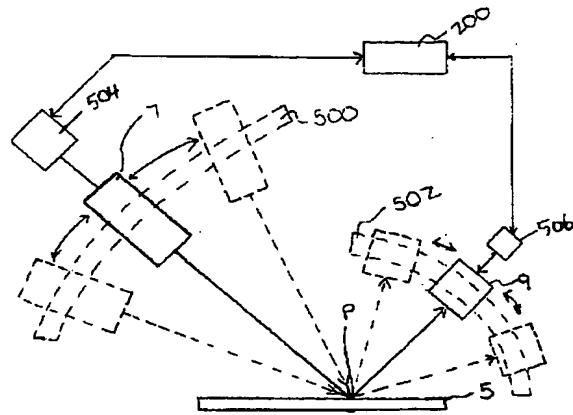
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

